

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2002-536843

(P2002-536843A)

(43) 公表日 平成14年10月29日 (2002. 10. 29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 L 21/02		H 0 1 L 21/02	B 3 J 0 4 5
C 2 3 C 14/06		C 2 3 C 14/06	N 4 K 0 2 9
	16/30		P 4 K 0 3 0
F 1 6 J 3/02		F 1 6 J 3/02	A

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 44 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-599069 (P2000-599069)  
(86) (22) 出願日 平成12年2月9日 (2000. 2. 9)  
(85) 翻訳文提出日 平成13年8月10日 (2001. 8. 10)  
(86) 国際出願番号 P C T / F R 0 0 / 0 0 3 0 8  
(87) 国際公開番号 W O 0 0 / 4 8 2 3 8  
(87) 国際公開日 平成12年8月17日 (2000. 8. 17)  
(31) 優先権主張番号 9 9 / 0 1 5 5 8  
(32) 優先日 平成11年2月10日 (1999. 2. 10)  
(33) 優先権主張国 フランス (F R)  
(81) 指定国 E P (A T, B E, C H, C Y, D E, D K, E S, F I, F R, G B, G R, I E, I T, L U, M C, N L, P T, S E), J P, K R, U S

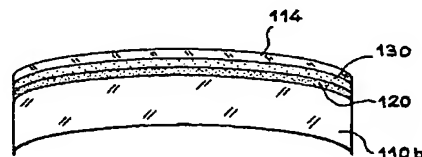
(71) 出願人 コミツサリア タ レネルジー アトミー  
ク  
フランス国バリ, リュ ドウ ラ フェデ  
ラシオン, 31-33  
(72) 発明者 モリシェ, ヒュベール  
フランス国 エフ-38120 サン-エグレ  
ヴ, リュ・ドゥ・フォーネ 26  
(72) 発明者 レイザック, オリヴィエ  
フランス国 エフ-38000 グルノーブル,  
リュ・ドゥ・ヴェルコール 10  
(74) 代理人 弁理士 小栗 昌平 (外4名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内部応力制御のなされた多層構造体、およびその製造方法

(57) 【要約】

第一の主要層 (110 a)、第一の主要層と接触する少なくとも一つの第一の応力調整層 (130)、前記第一の応力調整層と貼りあわせにより接触する少なくとも一つの第二の応力調整層 (120)、および第二の応力調整層と接触する第二の主要層 (110 b) を順番に含み、第一および第二の応力調整層が、第一および第二の主要層と接触する、内部応力を制御した多層構造体である。電子回路およびダイアフラム装置の構成に適用される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも2つの応力調整層（120、130、220、230）の積層により互いに結合され、所定の構造体応力を有し、少なくとも一つの第一の主要層および第二の主要層（110a、110b、210a、210b）を含む多層構造体の製造方法であって、

a) 前記第一の主要層に第一の応力調整層を設け、第二の主要層と第一の応力調整層とのいずれかに、少なくとも一つの第二の応力調整層を設け、

b) 前記第一および第二の応力調整層を介して第一および第二の主要層を接合し、

第一および第二の調整層が、方法終了時にこの構造体で前記所定の構造体応力を得られるような材料および厚みをもつようにしたことを特徴とする方法。

【請求項2】 前記第一および第二の主要層の接合が、貼りあわせ接合を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】 第一および第二の調整層は、第一および第二の主要層による応力の符号がそれぞれ反対になるような材料および厚みで構成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】 前記ステップb)の後、この構造体で前記所定の構造体応力を調整するのに十分な温度と時間による熱処理を実施するようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項5】 少なくとも一つの応力調整層上に少なくとも一つの間層が配置されるようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項6】 前記接合が、層間の貼りあわせ接合（分子間接合）を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の方法。

【請求項7】 ステップb)の前に、貼りあわせ接合により結合される層を準備するステップと、これらの層の表面状態を調整するステップとを含むことを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項8】 ステップb)において、貼りあわせ接合を室温で実施するようにしたことを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項9】 前記接合が、蝟付け、溶融接合、層間の相互拡散、接着剤による

接合の中から選択された、少なくとも一つの接合技術を用いた接合を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項10】 前記接合が、接合層を介して行われるようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項11】 ステップa)の時に、前記第一の主要層(110a、210a)に前記第一の応力調整層(130、220)を形成し、前記第二の主要層(110b、210b)に前記第二の応力調整層(120、230)を形成し、ステップb)の時に、応力調整層間のウェーハ接合(分子間接合)を行うようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項12】 前記第一および第二の応力調整層が、前記第一の主要層に形成され、接合が、前記第二の主要層と、第一および第二の表面応力調整層のいずれかとの間で行われるようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項13】 前記接合の後、さらに少なくとも一つの主要層を薄型化するステップを含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項14】 前記薄型化ステップが、破碎ゾーンに従って破碎するための分離ステップを含む、請求項1または13に記載の方法。

【請求項15】 破碎ゾーン(112、212)を形成するための第一または第二の主要層の少なくとも一つ、もしくは第一または第二の調整層の少なくとも一つへの、少なくとも一つのガス種注入と、熱およびまたは機械処理を含む薄型化ステップとを含むことを特徴とする請求項14に記載の方法。

【請求項16】 前記薄型化ステップ後に得られる構造体応力は、この応力が破碎ゾーン位置の分離に寄与するように構成されることを特徴とする請求項14または15に記載の方法。

【請求項17】 少なくとも一つの応力調整層が、スパッタ、エビタキシ、化学蒸着、たとえば化学気相成長法(CVD)、減圧気相成長法(LPCVD)、プラズマCVDといった方法の中から選択された蒸着方法による材料蒸着によって形成されるようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項18】 少なくとも一つの応力調整層が、主要層の表面酸化によって得られるようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項19】 少なくとも一つの応力調整層が、主要層への種注入によって得られるようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項20】 主要層が、シリコン、ゲルマニウム、炭化シリコン、III-Vタイプの半導体、II-VIタイプの半導体、ガラス、超伝導体、ダイヤモンド、セラミック材料 ( $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ )、および石英の中から選択される少なくとも一つの材料からなり、応力調整層が、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{TiN}$ 、金属、金属合金、およびダイヤモンドまたは一つの主要層の材料の中から選択した少なくとも一つの材料からなることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項21】 少なくとも一つの第一の主要層 (110a、210a) と、第一の主要層と接触する少なくとも一つの第一の応力調整層 (130、220) と、前記第一の応力調整層と接触する少なくとも一つの第二の応力調整層 (120、230) と、第二の応力調整層と接触する第二の主要層 (110b、210b) との積層を順に含み、第一および第二の応力調整層は、符号がそれぞれ反対である第一および第二の主要層との接触応力を有するように、内部応力を制御したことを特徴とする多層構造体。

【請求項22】 前記多層構造体が、さらに、応力調整層の間、または応力調整層と、対応する主要層との間に配置される接合層を含むことを特徴とする請求項21に記載の構造体。

【請求項23】 さらに浮遊状態にあるダイヤフラムを有し、浮遊ダイヤフラム (244) が、第二の主要層または第一の主要層から解放された、第一および第二の主要層のいずれかの少なくとも一部を含むことを特徴とする請求項21に記載の構造体。

【請求項24】 浮遊ダイヤフラム (244) が、さらに、第一および第二の主要層のいずれかの前記一部を被覆する少なくとも一つの超伝導体材料層 (248) を含むことを特徴とする請求項23に記載の構造体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、内部応力制御を特徴とする、特に接合または接着、特にウェーハ接合（分子間接合）により得られる多層構造体およびその製造方法に関する。

## 【0002】

応力制御のなされた多層構造体とは、一つの構造体が、主要層と呼ばれる少なくとも2個の層を含み、これらの層の間に引っ張り応力または圧縮応力を有する構造体を意味する。これらの応力は、構造体の使用目的に応じて決定かつ制御される。

## 【0003】

本発明は、マイクロエレクトロニクスの分野で基板または補強材として適用され、またマイクロメカニカル分野では、たとえばダイヤモンドセンサの製造のために適用される。

## 【0004】

## 【従来の技術】

ウェーハの貼り合わせ（wafer bonding）技術により組み立てられる多層構造体の中では、たとえば、SOI構造体（絶縁体上のシリコン／silicon on insulator）を挙げることができる。一般に、SOI多層構造体は、支持体の役割をする厚いシリコン層と、酸化シリコンからなる絶縁層と、シリコンの表面薄膜とを含み、その厚みは、数十ナノメートル～数十マイクロメートルである。

## 【0005】

SOI構造体の製造では、一般に、少なくとも一方が酸化シリコン表面層で被覆された2枚のシリコンウェーハを、ウェーハ接合（分子間接合）により接触させる。

## 【0006】

接触後、ウェーハは、一般に調節雰囲気下で熱処理を受ける。熱処理の目的は、内部接触を改良し、その結果としてウェーハの接合を改良することにある。

## 【0007】

存在する材料、特に酸化シリコンと接触するシリコンが、熱処理時に互いに応力を課すことがある。応力は、特に、接触する材料の熱膨張係数の差 $\Delta l/l$ に関連する。こうした接触面の材料の熱膨張率の差はまた、密接に結合される構造体の冷却時にさまざまな応力の原因になる。

## 【0008】

一般に、シリコンウェーハ上の $SiO_2$ 膜は、特定の温度で製造される場合、冷却時にウェーハに変形を生じることがある。熱による相対的な変形 $\Delta l/l$ は、シリコンに対して約 $2.6 \cdot 10^{-6}/K$ であり、シリコンの熱酸化により構成される $SiO_2$ の酸化物に対しては約 $5.1 \cdot 10^{-7}/K$ である。

## 【0009】

シリコンウェーハの片面に酸化膜が形成されると、ウェーハの中心にある撓みの測定により、応力による変形を量子化することができる。熱膨張係数の差のために、温度が下がると、シリコンウェーハ上で酸化膜の収縮が生じる。この収縮は、ウェーハの盛り上がりとなって現れる。この盛り上がりは、酸化膜が厚ければ厚いほど顕著であり、表面形状の変形を招くことがある。

## 【0010】

添付図1～4は、ウェーハの貼りあわせによる従来の方法で構成されたSOI構造体に発生する応力を示す。

## 【0011】

図1は、薄い熱酸化物層20aを表面に有するシリコンウェーハとして、第一の主要層または支持体10aを示している。

## 【0012】

第一のシリコン主要層10aと、表面酸化物層20aとから形成されるアセンブリがアーチ型になっていることが分かる。酸化物層20aの表面は盛り上がっている。

## 【0013】

参照符号10bは、第二の主要層を形成するシリコンウェーハを示しており、この層の平行な面は平らである。図示された例では、主要層10a、10bは、

最初に同程度の厚みを有する。

【0014】

図2は、主要層10a、10bの接合によって得られる構造体を示す。これらの層は、酸化物層20aにより結合されている。アセンブリは、上記と同様に、表面酸化物層20aへの第二の主要シリコン層10bの貼りあわせ接合を含む。こうした接合は、熱処理により強化される。

【0015】

接合後に得られる構造体は、殆ど変形していないことが分かる。実際、シリコン主要層の厚みが同程度である場合、各主要層上で酸化物の層が発生する応力は、補正し合う傾向がある。

【0016】

SOIタイプ構造体の表面シリコン膜は、一般に、たとえば部品要素の電氣的絶縁への要求に厚みを適合させた薄膜である。この構造体の剛性は、厚いシリコン層によって確保される。

【0017】

かくして、図2の構造体から典型的なSOI構造体を得るには、シリコン主要層の一つを薄型化しなければならない。薄型化は、さまざまなBSOI（シリコンはめ込み絶縁体「Bonded Silicon On Insulator」）法、BESOI（エッチング停止層を備えたBSOI「Bonded with Etch stop layer Silicon On Insulator」）法で知られている薄型化技術によって行うことができる。この点に関して、資料(7)を引用することができる（本明細書の末尾参照）。

【0018】

シリコン主要層の一つが薄型化されると、酸化シリコン層との境界で発生する応力がもはや補正されなくなる。

【0019】

図3、4は、主要層10b、10aの薄型化によってそれぞれ得られる構造体を示す。これらの構造体は、撓みを有し、シリコン薄膜の面は、それぞれの場合に盛り上がっている。

## 【0020】

主要層の厚みのみならず、埋め込まれた酸化シリコン層の厚み、すなわち主要層と薄い表面層との間でサンドイッチ状になった酸化物の層が、最終的に得られる構造体の撓みをコントロールするパラメータの一部をなす。

## 【0021】

たとえば、マイクロメートル単位の厚みで埋め込まれる熱酸化物の膜20aに対して、得られる撓みの値は、シリコン表面薄膜10aの厚みが $25\mu\text{m}$ 、シリコン主要層の厚みが約 $500\mu\text{m}$ であるとき、 $50\mu\text{m}$ より大きいことがある。シリコン表面膜の厚みが $50\mu\text{m}$ 以上に増えた場合、撓みは約 $25\mu\text{m}$ に減少する。これは、酸化物の膜の厚みよりもシリコン膜の厚みが大きいことを示している。

## 【0022】

構造体の変形を少なくするために検討できる措置は、構造体の厚い主要層の背面と呼ばれる自由面に第二の酸化物膜を設けることにある。この措置により、実際に、接触前にウェーハの変形を減らすことができる。しかしながら、幾つかの用途では、背面の酸化物膜を除去することが必要である。ところで、薄型化の後に、酸化物の膜が背面から除去されると、変形が再び現れ、主に酸化物の膜の厚みに関連して最終的にSOI構造体に変形することが分かっている。

## 【0023】

この点に関して、本明細書の末尾に明記した資料(1)を参照することができる。

## 【0024】

図5に示された別の実施形態によれば、それぞれが酸化物の膜20a、20bを表面に備えた2個の主要シリコン層10a、10bを接触させることにより、応力の影響を減らすように試みることができる。酸化物の膜の厚みは、同程度の厚みである。しかしながら、層の一つを薄型化するとき構造体に変形が現れることが認められる。さらに、図5に示すように、2個の主要層の最初の撓みが、酸化物の表面層の表面接触をますます難しいものになっている。これは、適切でない接触ゾーンで局部的に発生し、従って、最終構造体に空洞あるいは欠陥が生じ



ることがある。

【0025】

シリコン層と酸化シリコン層とを結合する構造体に対する上記の変形現象は、非常に多くの材料の組み合わせに対してみられる。しかしながら、発生する変形は、接触する材料、また特に、発生する引っ張り応力または圧縮応力のタイプに応じて変わってくる。

【0026】

たとえば、図6が示すように、窒化シリコン膜30をシリコンウェーハ10に配置した場合、この蒸着は、実施条件に応じて冷却後に、同じく変形をもたらす様々な応力を発生することがある。

【0027】

窒化シリコンとシリコンとの間の応力は、材料に本質的な原因があるが、熱膨張率の差に関連する熱による原因を同様に有する。たとえば、化学気相成長法（CVD）により得られる窒化シリコン膜の熱膨張率は、約  $4.2 \cdot 10^{-6} / K$  であるが、この熱膨張率は、シリコンに対しては  $2.6 \cdot 10^{-6} / K$  である。窒化シリコンの蒸着は高温で行われるので、冷却時に強い応力が現れる。

【0028】

しかし、たとえば図6と図1を比較すると、窒化シリコン30の層の表面は、酸化シリコン層20aの凸面とは反対にへこんでいる。

【0029】

こうした曲率の差は、窒化シリコンと酸化シリコンが、シリコン主要支持体に構成される時に、ほぼ反対の応力を有することとなって現れる（引っ張り応力ー圧縮応力）。

【0030】

図6に従って窒化シリコン膜でそれぞれ被覆された2個のシリコン主要層の結合は、窒化物の膜が向かい合うときに、同様に接着性または接触品質の問題を提起する。特に、窒化シリコン層の間の境界領域に気泡が形成され、最終構造体に局部的に欠陥を発生することがある。

【0031】

上記の問題の明確な説明については、本明細書の巻末に挙げた、様々な層の間の接触応力に関する資料(2)、(3)、(4)、(5)、(6)を参照されたい。

【0032】

特に資料(3)は、シリコンウェーハの表面に形成された酸化シリコン表面膜が発生する応力の影響を、第二の窒化シリコン膜によりこの表面膜を被覆することによって補正可能であることを示している。

【0033】

このようにしてほぼ平らな構造体を得ることができる。

【0034】

第二の膜(窒化物)の厚みは、平らな面を持つ構造体を最終的に得るために正確に制御しなければならない。

【0035】

層の間で発生する応力は、たとえば連続蒸着により製造される層の場合のように、単に接触材料に関連するだけでなく、層間のウェーハの貼りあわせの品質にも関連する。

【0036】

かくして、資料(3)に従って構造体が被る後処理、すなわち他の層とこのような構造体との結合は、応力の均衡を変化させるので、構造体の最終応力の制御が難しくなる。

【0037】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、少なくとも一つの貼りあわせステップを含み、異なる材料層を結合した後で構造体に現れる応力を正確に制御できる多層構造体の製造方法を提案することにある。

【0038】

特に、本発明の目的は、平ら、または所定の撓みを有する最終構造体を得るために、応力を変化させて調整可能な、上記方法を提案することにある。

【0039】

本発明の目的は、応力を制御した構造体を得るために、貼りあわせを使用することによって少なくとも一つの結晶層を変位可能にすることにある。

【0040】

本発明の目的はまた、異なる材料の層の間の境界領域で接触欠陥のない構造体を実現可能な、上記の方法を提案することにある。

【0041】

本発明の目的はさらに、この構造体の製造の前処理または後処理を考慮に入れることができ、たとえば分離を得るための注入処理といった工業利用の要求に適合する方法を提案することにある。

【0042】

【課題を解決するための手段】

これらの目的に到達するために、より詳しくは、本発明は、少なくとも2つの応力調整層の積層により互いに結合され、所定の構造応力を有し、主要層と呼ばれる少なくとも一つの第一および第二の層を含む、多層構造体の製造方法を目的とし、

- a) 第一の主要層に第一の応力調整層を設け、第二の主要層と第一の応力調整層とのいずれかに、少なくとも一つの第二の応力調整層を設け、
- b) 応力調整層を介して第一および第二の主要層の接合を実施し（有利には、前記接合が、層間の貼りあわせ接合（分子間接合）を含み）、第一および第二の調整層が、方法終了時にこの構造体で前記所定の構造体応力を得られるような厚みで複数の材料から構成される。

【0043】

たとえば、第一の調整層および第二の調整層は、第一の主要層および第二の主要層の上にそれぞれ別個にある場合（すなわち接合前）、反対方向の変形を引き起こすように選択される（製造タイプ、性質、厚み）。こうした変形は、必ずしも同程度に行われるわけではない。

【0044】

幾つかの実施形態では、少なくとも一つの調整層の上に中間層が配置され、所望の多層構造体を得られるようにしている。

## 【0045】

有利なことには、その後、ステップb)の後に、この構造体で前記所定の構造体応力を調整するのに十分な温度と時間による熱処理を実施することができる。

## 【0046】

好適な実施形態によれば、貼りあわせ接合は、ウェーハの貼りあわせ接合とすることができる。

## 【0047】

本発明は、また、蝋付け、融着、接着剤による接合、層間の相互拡散、または、これらの様々な技術の組み合わせの中から選択された接合を用いることができる。これらの技術では、接合が、いわゆる接合層によって行われる。接合層は、調整層の間か、あるいは一つの調整層と対応する主要層との間にある。

## 【0048】

構造体応力とは、各調整層の応力と、各主要層の応力と、結合の境界領域に関連する応力とから生ずる応力を意味する。

## 【0049】

構造体応力は、凸形または凹形の撓み、すなわち、得られた構造体の表面の平面特性を決定する。

## 【0050】

場合によってはステップb)の後に行われる熱処理により、接合品質を改善するだけでなく、特に、使用される熱の収支を調整することによって、層間の接触応力を変え、引っ張り応力と圧縮応力とのバランスを調整することができる。

## 【0051】

使用される熱の収支は、特にステップc)の前処理または後処理の熱収支(BUDGETS THERMIQUES)を考慮することによって調整可能である。かくして、この構造体で行われる他の熱処理は、所定の応力を得るのに有害ではない。

## 【0052】

熱処理における熱の収支はまた、層における応力を制御する他のパラメータに応じて調整される。

## 【0053】

これらのパラメータの中では、

—使用材料と、これらの材料が被る処理

—層の厚みと、それらの製造方法

—表面の粗さの状態と、接触層の形状

—表面の洗浄品質と、多少とも親水性の表面特性、を挙げることができる。

【0054】

熱収支の選択に対して上記のパラメータを考慮することにより、最終構造体の内部応力、従って、その変形を適合させることができる。特に、応力調整層における応力を、増加、減少あるいは逆転することさえ可能である。

【0055】

本発明の第一の実施形態によれば、ステップa)で、第一の主要層に第一の応力調整層を形成し、第二の主要層に第二の応力調整層を形成することができる。この場合、ステップb)で、調整層の間で接合を行う。

【0056】

応力調整層と主要層との間の接触応力は、符号が反対であるので、応力調整層の一方が凸面を有し、第二の応力調整層が凹面を有する。

【0057】

かくして、接合面は、ある程度までは形状が係合し、空洞等の接合欠陥あるいは不適切な接合ゾーンのない優れた品質の接触が得られる。

【0058】

実施形態の変形例によれば、2個の応力調整層は、第一の主要層に形成可能であり、接合は、第二の主要層と、第一の主要層に結合される表面応力調整層との間で行うことができる。

【0059】

本発明の別の特徴によれば、ステップb)の前に、ウェーハ接合（分子間接合）により結合される層の準備を行うことにより、これらの層の表面状態を調整して、層にたとえば親水性を与えることができる。

【0060】

表面状態の調整は、円滑化処理（化学的、機械化学的または熱的処理）か、ま

たは反対に、組み立てられる少なくとも一つの層の表面を粗くする操作からなる。

【0061】

接合面の粗さの程度を変化させることにより、層間の貼りあわせ（分子間接合）エネルギーを制御可能であり、従って、その結果として生じる応力をも制御可能である。

【0062】

実施形態の変形例によれば、この方法は、接合後一つの主要層を薄型化するステップを含むことができる。

【0063】

少なくとも一つが絶縁体である応力調整層の上で、特にシリコンの薄層の上に薄層を形成することは、たとえば、後でIC（たとえばSOI基板）を構成する場合に有利である。

【0064】

一つの主要層の薄型化は、機械的または機械化学的な研磨処理により行うことができる。

【0065】

薄型化は、また、破碎により行ってもよい。その場合、この方法は、破碎ゾーンを形成するための少なくとも一つの主要層、もしくは少なくとも一つの調整層への、少なくとも一つ的气体注入を含み、薄型化ステップは、たとえば熱およびまたは機械処理により破碎ゾーンに沿って注入される前記層の分離ステップを含む。構造体応力は、その場合、薄型化ステップにより変化する。さらに、この方法の途中応力は、有利には、所定の構造体の「中間」応力として用いられ、薄型化に寄与する。薄型化の後、すなわち一つの層の分離後に得られる最終構造体は、「最終的な」新しい所定の構造体応力を有する。幾つかの変形実施形態において、本発明による構造体は、幾つかを薄型化、さらには除去可能である一定数の層を含むことができる。これは、一定の場合、そうした層の役割が、薄型化に寄与する中間応力を適合させる場合のみ裏付けられるからである。中間応力を適合させることは、それ自体が一つの目標である。分離に寄与する中間応力の使用

により、注入種（水素およびまたは希ガス）の分置、およびまたは熱収支、およびまたは、分離のために加えられる一つまたは複数の機械的な力がもたらす作業、といったものを減らすことができる。たとえば、中間応力により、主要層の熱膨張率が異なる構造体において非常に少ない熱収支で分離を得られる。中間応力の制御により、注入条件または分離条件を変えることによって、方法を著しく改善できる。

【0066】

ガス種注入による層における破碎ゾーンの構成は、それ自体既知の技術に従って行うことができる。

【0067】

たとえば、一つの技術は、微小空洞または微小気泡からなる脆弱ゾーンを形成可能なガス種注入を使用する。

【0068】

「微小空洞」または「微小気泡」とは、材料への水素およびまたは希ガスイオンの注入により発生するあらゆる空洞を意味する。空洞は、非常に平らな形状で、すなわち高さが低く、たとえば数個の原子間隔であっても、球形であっても、あるいはこの二つの形状とは異なる他のあらゆる形状であってもよい。これらの空洞は、自由気相およびまたは、空洞の壁をなす材料の原子に固定される注入イオンから出る気体原子を含むことができる。これらの空洞は、空であってもよい。

【0069】

空洞は、一般に、「platelets」、「microblisters」、または「bubbles」とも呼ばれる。

【0070】

ガス種とは、原子（たとえばH）、分子（たとえばH<sub>2</sub>）、イオン（H<sup>+</sup>、H<sub>2</sub><sup>+</sup>）、同位体（たとえばデューテリウム）、あるいは同位体イオンの形状をとる、たとえば水素または希ガス等の元素を意味する。

【0071】

さらに、イオン注入とは、イオン衝撃、拡散など、単独または組み合わせによ

るあらゆるタイプの上記の種の導入を意味する。

【0072】

破碎の熱処理は、注入中および、破碎前に行われるステップの間に、主要層に供給される熱に依存する熱収支で行われる。場合に応じて、この熱処理は、時間およびまたは温度においてゼロになることがある。しかも、こうした熱処理は、単独または組み合わせて及ぼされる機械的な応力、たとえば引っ張り応力、剪断応力、撓み応力など、及ぼされる他の応力に応じて調整可能である。

【0073】

熱処理は、固体材料のタイプとは無関係に、微小空洞の合体を招くので、微小空洞層の位置で構造体が脆弱化する。こうした脆弱化により、内部応力およびまたは微小空洞内の圧力によって材料を分離することができる。この分離は、自然に行われてもよいし、外部応力を加えて補助してもよい。

【0074】

機械的な力は、層の面に垂直に、およびまたは層の面に平行に加えることができる。この力は、一地点または一つのゾーンに確定しても、あるいは、対称もしくは非対称に様々な場所に加えてもよい。

【0075】

さらに、最終構造体応力を適合させたい場合、破碎の熱収支を考慮して、適合ステップの熱収支を設定する。最終構造体の応力調整ステップは、たとえば表面酸化およびまたは化学的エッチングおよびまたはプラズマエッチングおよびまたは研磨による薄型化ステップを同様に含むことができる。

【0076】

応力調整層を構成するために複数の実施形態を検討可能である。

【0077】

第一の実施態様によれば、少なくとも一つの応力調整層は、スパッタ、エピタキシ、化学蒸着、たとえば化学気相成長法、減圧気相成長法（LPCVD）、プラズマCVDの中から選択された方法の中から選択した方法に従った成膜によって形成することができる。

【0078】



他の実施態様によれば、応力調整層はまた、一つの主要層の表面酸化によって得られる。

【0079】

特に、一つの主要層がシリコン層である場合、一つの調整層は、 $\text{SiO}_2$  熱酸化物の層とすることができる。

【0080】

第三の実施態様によれば、少なくとも一つの応力調整層は、主要層に種を注入することによって得られる。

【0081】

一つの主要層への種の注入により、諸特性が変更されるゾーンをこの層の表面に形成することができる。

【0082】

特に、種の注入によって、応力を発生し、あるいは材料の密度を局部的に変えることができる。注入された種の大半が配置される深さは、注入条件に依存する。たとえば、注入がイオン注入タイプである場合は、エネルギーに依存する。この深さによって決定される注入種の膜と、大半の注入種が配置される膜の近傍とは、その場合、二つの応力層のうちの一方の層を構成する。注入種の膜と、第二の主要層の表面との間に含まれる膜は、二つの応力層の膜のうち一方を構成することができる。

【0083】

応力の強さは、種の性質、分量、または様々な注入パラメータ（温度、注入電流、エネルギー、．．．）に依存する。注入は、特に、たとえば水素およびまたは希ガスのようなガス種で構成することができる。

【0084】

構造体内に応力が存在すると、分離に寄与し、注入された種（水素およびまたは希ガス）の分量、およびまたは熱収支、およびまたは、分離のために加えられる一つまたは複数の機械的な力がもたらす作業、といったものを減らすことができる。かくして、この応力の存在により、注入条件または分離条件を変えることができる。応力の制御によって、この方法を著しく改善できる。たとえば主要層

の熱膨張率が異なる構造体において非常に少ない熱収支で破砕が得られる。注入は、構造体の接合前に実施しても接合後に実施してもよい。

【0085】

少なくとも一つの調整層が十分に厚い、およびまたは剛性である一定の場合、通常は隣接する主要層を省くか、あるいは、主要層とこの調整層とを一緒にすることができる。分離後は、変化した主要層と、多層の積層とが得られ、この積層は、応力調整層を含む主要層として再利用可能である。

【0086】

上記の製造方法は、各種の材料からなる主要層に適合される。同じまたは異なる材料からなる主要層は、たとえば、単結晶、多結晶またはアモルファス材料、たとえばシリコン、ゲルマニウム、炭化シリコン、GaAs、GaN、InP等のIII-VまたはII-VIタイプの半導体、ガラスまたは石英、超伝導材料、ダイヤモンド、またはセラミック材料(LiNbO<sub>3</sub>、LiTaO<sub>3</sub>、...)からなる。

【0087】

かくして、主要層は、一つまたは複数の、たとえば貼りあわせ層、蒸着層またはエピタキシ層から形成できる。

【0088】

応力調整層は、たとえば、SiO<sub>2</sub>、SiN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、TiN、ダイヤモンド、金属(Pd、金属合金、...)の中から選択した材料、あるいは一つの主要層を構成可能な材料、あるいはこれらの材料の組み合わせからなる。

【0089】

本発明はまた、第一の主要層と、第一の主要層と接触する少なくとも一つの第一の応力調整層と、前記第一の応力調整層と接触する少なくとも一つの第二の応力調整層と、第二の応力調整層と接触する第二の主要層との積層を順に含む、内部応力を制御した多層構造体に関する。この構造体において、第一および第二の応力調整層は、符号がそれぞれ反対である第一および第二の主要層との接触応力を有する。

【0090】

特定の用途では、この構造体が、浮遊ダイヤフラムを有し、浮遊ダイヤフラムが、第二または第一の主要層から解放された、第一および第二の主要層のいずれかの少なくとも一部を含む。

【0091】

浮遊ダイヤフラムは、他の機能層を支持可能である。たとえば、浮遊ダイヤフラムがさらに、第一および第二の主要層のいずれかの前記一部を被覆する少なくとも一つの超伝導体材料の層を含むことができる。

【0092】

本発明の他の特徴および長所は、添付図面を参照しながら、以下の説明を読めば、いっそう明らかになるであろう。この説明は、限定的ではなく、全くの例として挙げられたものである。

【0093】

【発明の実施の形態】

第一の実施例は、非常に薄いシリコン膜と、厚いシリコン基板により支持される2個の応力調整層とからなる積層構造体の製造に関する。記載される実施形態は、薄いシリコン表面層を形成するために分離方法を用いている。

【0094】

図7に示した第一のステップでは、厚さ400nmの窒化シリコン $\text{Si}_3\text{N}_4$ の膜が、減圧気相成長法(LPCVD)によって、第一の主要層110aをなすシリコンウェーハ上に形成される。減圧気相成長法により、主要層にわずかな撓みをもたらす膜を構成できる。これは、特に、蒸着がこの層の両面で実施される場合である。

【0095】

窒化シリコン膜130は、第一の応力調整層を構成する。

【0096】

本発明の変形実施形態によれば、この応力調整層の上に、酸化シリコン膜と酸窒化シリコン膜とからなる、たとえば数nmの厚さの中間層を配置することができる。この中間層は、この場合、たとえば、接合のために使用されるウェーハの貼り合わせ接合を促進するか、あるいは主要層と境界領域との電気的な品質を改

善することができる。

【0097】

シリコンウェーハは、場合によっては、図示していないが、たとえば厚さ10 nmのきわめて薄い酸化シリコン層によって予め被覆される。このようなきわめて薄い層の長所は、たとえば、後述する表面シリコン層との境界領域の電子品質を、優れたものにすることにある。

【0098】

窒化物の膜130を形成後、この窒素膜130を通して、約 $2.5 \cdot 10^{16}$  at/cm<sup>2</sup>の注入量で水素注入が行われる。注入により破砕ゾーン112が形成される。水素注入パラメータは、たとえば蒸着条件に応じて窒化物の膜の撓みが変わる場合、変えることができる。

【0099】

図7に同様に示した第二のシリコンウェーハ110bには、酸化雰囲気での熱処理により酸化シリコン膜120を形成する。酸化物の膜の厚さは、窒化物の膜130の厚さにほぼ匹敵する。

【0100】

第二のシリコンウェーハ110bと酸化物の膜120とは、それぞれ、第二の主要層と、第二の応力調整層とを形成する。

【0101】

シリコンの主要層に最初に形成された窒化シリコンの層と酸化シリコンの層とは、符号が反対の接触応力を発生する。これは、窒化物の応力調整層の表面と、酸化物の応力調整層の表面とが、それぞれ、へこんだり盛り上がったたりする主要層の変形となって現れる。

【0102】

この方法は、その後、応力調整層120、130の表面を親水性にするためのウェーハ洗浄ステップが行われる。洗浄により、一般に2次の値(RMS:二乗平均平方根値)が0.7 nm未満である制御面の微小粗さが得られるが、これは、直接ウェーハの貼りあわせに匹敵する。微小粗さは、たとえば $10^{-2} \mu\text{m}^{-1} \sim 10^3 \mu\text{m}^{-1}$ の空間周波数範囲で原子力顕微鏡検査法により測定および制

御することができる。接合前のウェーハ洗浄ステップによる表面粗さの制御は、ここでは、窒化シリコン膜に対して表面研磨技術の長所として示され、その厚みは、少なくとも十分の数ミクロンに達しうる。

#### 【0103】

洗浄ステップにより、結合エネルギーを変更することができるので、応力調整層の接合により後で形成される2個の層の特別応力を変更することができる。

#### 【0104】

さらに、洗浄ステップは、この方法を機械化学的な研磨ステップから解放可能であるため、続くステップで形成される積層構造体の膜の厚さを同様に非常に均質化することができる。

#### 【0105】

この方法の次のステップは、実際に、接合を行うための応力調整層の直接接触を含む。この操作は室温で行われる。

#### 【0106】

図7から、層の変形の係合特性により、不適切な接触のおそれを最低限に抑えられることが分かる。

#### 【0107】

接合後、温度500°Cで30分間、第一の熱処理を行って、図7に示した破砕ゾーン112で破砕を引き起こし、第一の主要層110aから薄い表面層114を切り離すことができる。この表面層は、場合によっては中間層に結合される応力調整層120、130からなる2層を介して第二の主要層110bに結合され続ける。熱処理は、機械応力の付加により全部または一部を補助可能である。従って、破砕に必要な熱収支を減らすことができる。熱収支は、時間および温度においてゼロであってもよい。

#### 【0108】

得られた構造体を図8、9に示した。

#### 【0109】

薄いシリコン表面層114の厚さは、約十分の数マイクロメートルである。この層は、第一のシリコン主要層に注入された分離層（破砕層）のガス種の侵入度

により決められる。注入は、窒化シリコン膜130を通して行われるので、注入深度、従って、シリコン薄膜114の厚みは、窒化シリコン膜130の厚みにも依存する。

#### 【0110】

第一の主要層110aが応力調整層を備えるので、ゾーン112における破碎に必要な注入量を減らし、およびまたは第一の破碎熱処理の熱収支を減らし、およびまたは機械的な分離力を減らすことができる。実際、応力調整層、特に窒化シリコン層130が第一のシリコン主要層110aにもたらす特別な応力により、破碎が促進される。

#### 【0111】

たとえば、温度、エネルギー、また最終的にはコストを節約することができる。

#### 【0112】

比較として、同じ注入条件（エネルギー、電流、温度、...）と伝達熱処理条件とで、分離を得るための最小分量は、窒化物の膜に代えて厚さ400nmの熱酸化物の膜を用いる従来の積層構造体に対して、 $3.5 \cdot 10^{16} \text{ at/cm}^2$ である。

#### 【0113】

次のステップでは、第二の熱処理を行う。この処理は、予め接触する2個の応力調整層の間の境界領域における結合を密接なものにし、最終的に得られる構造体にもたらされる応力を変更または修正するという二つの役割がある。

#### 【0114】

積層の層の厚み、接触前の表面状態、また特に、第二の処理の熱収支を適合させることによって、二つの層120、130が発生する応力を制御し、従って、最終構造体の凸形または凹形の変形を制御することができる（図8、9）。

#### 【0115】

たとえば、ダイヤフラム装置に適用する場合、ダイヤフラムの部分的な解放後、予め引っ張り力を与えたダイヤフラムを得られる凹形の積層構造体を構成することが有利である。

## 【0116】

実施される熱収支に応じて、正の撓み、負の撓み、または撓みなしとすることができる。

## 【0117】

第二の熱処理は、もちろん、第一の熱処理と、場合によっては機械的な応力の使用とを考慮する。

## 【0118】

たとえば、第二の熱処理は、 $1100^{\circ}\text{C}$ で2時間行うことができる。約400nmの同じ厚さの酸化物の膜と窒化物の膜に対して、約50 $\mu\text{m}$ だけ凸形に撓んだ構造体を得られる。

## 【0119】

最終積層構造体の撓みは、応力を適合させる窒化物の層120および酸化シリコン層130の厚み $E_{nit}$ と $E_{ox}$ との比 $R_e$ と、構造体に加えられる熱収支との二つのパラメータに主に依存する。一定の接着温度における層の厚みの比の影響は、構造体の撓みが有効応力と調整層の厚みとに比例することとなって現れる。

## 【0120】

さらに、独自のものとして、実施される第二の熱処理の温度 $T_c$ が変わると、2つの層の有効応力が変わってくる。適用される熱処理の結果は、特に、接合境界領域の状態（微小粗さ、層どうしの結合密度、...）に依存する。たとえば比 $R_e=1$ に対し、温度上昇 $\Delta T_c=100^{\circ}\text{C}$ によって、2つの層における応力増加 $\Delta\sigma/\sigma$ が $\Delta\sigma/\sigma=100\%$ となる。

## 【0121】

図10は、応力調整層の厚みの比（ $R_e=E_{\text{窒化物}}/E_{\text{酸化物}}$ ）に応じて、異なる二つの処理温度 $T_1$ 、 $T_2$ （ $T_2>T_1$ ）で最終的に得られる構造体の撓みを任意の単位で示すグラフである。

## 【0122】

図11～15に関して後述する方法の第二の実施例では、2個の応力調整層が、 $\text{SiO}_2$ 膜と、一方の主要層に注入される層とから構成される。

## 【0123】

図11が示すように、第一の応力調整層220は、シリコンウェーハへの種注入によって形成される。注入により損なわれないウェーハ部分は、第一の主要層210aを形成する。

## 【0124】

たとえば、注入は、分量 $10^{16}$  atoms/cm<sup>2</sup>、エネルギー135 keVで行うことができる。

## 【0125】

このような注入により、応力調整層220、すなわち注入により妨害されたゾーンは、数十MPaの圧縮応力を発生する。簡略化のために、図11～15では、応力がもたらす層の変形を示していない。

## 【0126】

図12に示した第二の注入は、もっと深く、ガス種によって行われる。この注入は、応力調整層220を通して行われ、分離（破碎）層212を形成する。

## 【0127】

たとえば、約 $5 \cdot 10^{16}$  atoms/cm<sup>2</sup>の量の水素を注入することができる。

## 【0128】

エネルギーは、注入深度を、厚くしたり薄くしたりすることができ、主要層210a中に、薄い表面層214を決定することができる。この表面層は、分離層212により画定される。

## 【0129】

さらに、図13に示すように、第二の主要層210bを構成する別のシリコンウェーハの表面に、厚さ約200nmの酸化シリコン（SiO<sub>2</sub>）膜230が形成される。酸化シリコン膜230は、応力調整層を構成する。

## 【0130】

これらの層が接触するやいなや、応力調整層の微小粗さと親水性とによって、ウェーハの貼りあわせ（分子間接合）が可能になるように、応力調整層を備えた主要層は、洗浄される。



## 【0131】

応力調整層の接触による主要層の接合を図14に示した。

## 【0132】

酸化シリコン層230と注入層220との接触により、同様に2層の応力調整層を構成することができる。

## 【0133】

少なくとも一つの応力調整層は、十分に厚く、およびまたは剛性である場合、通常、隣接する主要層は、省略するか、またはこの調整層と一体化することができる。

## 【0134】

いわゆる第一の伝達熱処理は（場合によっては応力調整層の間の貼りあわせを同様に強化することができる）、破碎層に従って破碎を可能にするのに十分な熱収支となるようにして実行される。この熱処理は、たとえば連続式、可変式、あるいはパルス式に適用することができる。こうした伝達熱処理は、場合によっては、たとえば引っ張り応力およびまたは剪断応力およびまたは撓み応力といった機械的な応力を与えて補助してもよい。与えられる応力に応じて、熱収支（熱損失）は、温度および時間を低減して、さらにはゼロにして実施可能である。

図15に示すように、破碎により、薄い層214と第一の主要層210aとを分離できる。2つの応力調整層が発生するこれらの応力により、注入される種の分量を低減し、伝達処理の熱損失または機械的な分離応力を減らすことができる。

## 【0135】

たとえば、分離（破碎）は、450°Cで30分間、この構造体を加熱することにより引き起こすことができる。比較として、応力調整層がない図12と同様の基板で分離を引き起こす場合、分離を得るには、少なくとも500°Cの温度で30分間処理することが必要である。

## 【0136】

さらに、最終的な熱処理を行う。積層構造体では、2つの層の各応力調整層が、有効応力に従う。有効応力の合力は、2個のウェーハの貼りあわせ機構と、与

えられる各種の熱処理とによって全体として変えることができる。その場合、最終積層構造体は、特に最終熱処理によって適合可能な応力に従う。

【0137】

2つの特別な層に付加的な応力の影響をもたらすために、有利には、様々な熱処理を機械的に補助することができる（たとえば引っ張り応力、圧縮応力、剪断応力、撓み応力、あるいは、層の性質に応じた静電磁場または磁場の適用）。

【0138】

第三の実施例によれば、図示されていない変形実施形態が、層の伝達破砕による一方の主要層の薄型化を行わないことからなる。他の準備ステップは、第二の実施例で説明したステップと同じであり、一方の主要層の薄型化は、それが望まれる場合、単に機械的およびまたは化学的な研磨によって行うことができる。

【0139】

本発明の別の応用実施形態によれば、薄型化後に得られる表面層と、応力調整層および最終構造体の中間層の全部または一部とに、ダイヤモンド等のコンポーネントを設けることができ、積層構造体の製造時に有効応力が制御される。このような方法の利点は、たとえば表面層の表面を利用して、たとえばダイヤモンドの生成時に、ダイヤモンドの応力調整層を設ける必要なしに、エピタキシーを行えるようにしたことにある。

【0140】

こうした別の実施形態の応用例として、ダイヤモンドボロメータを製造するための、シリコン表面層へのYBaCuOタイプの超伝導体のエピタキシーを挙げることができる。このエピタキシーは、一般に、有利には、いわゆる「buffer」（バッファ）調整層とシード層（「seed layers」）との使用を仮定している。これらの調整層は、超伝導体とシリコンとの間の結晶パラメータを適合させることを目的としている。これらの層は、たとえばシリコンにYBaCuOを蒸着する場合、MgO、CeO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>とすることができる。

【0141】

シリコン表面層は、前述の方法、すなわち水素注入と分離とによって得られる層である。このシリコン層の生成方法の終わりに得られる2個の応力調整層を備

えた積層構造体の応力は、一つまたは複数の連続エピタキシの品質に対して、この応力が、これらのエピタキシにいつそう適合する圧縮応力支持体を提供する限り、最も重要である。

【0142】

さらに、エピタキシによる超伝導体の蒸着の前に、たとえばエッチングによりダイヤモンドを製造できるようにすることが有利である。

【0143】

上記の説明は、シリコンバルクの主要層に関するものであるが、主要層は、それ自体が、複数の下層を含む多層構造体を備えうることを意味する。

【0144】

また、酸化シリコン調整層が、有効である場合、この層は、熱酸化あるいは自然酸化によって形成可能である。

【0145】

さらに、主要層は、上記の処理の前または後に形成される電子、機械または光コンポーネントを含むことができる。

【0146】

次に、浮遊ダイヤモンド構造体の様々な製造ステップと実施形態とを断面で示す図16～20を参照しながら、本発明の特定の適用例について説明する。

【0147】

図16は、第一の主要層の薄型化または破碎に関して図15と同じ多層構造体を示す。

【0148】

図15と同じまたは同様の部分に対しては同じ参照符号を用いる。図16の構造体は、第一の主要層から得られる薄いシリコン層214と、一組の応力調整層220、230と、同じくシリコンからなり、ここでは支持基板を構成する第二の主要層210bとを含む。

【0149】

簡略化のために、応力調整層の組または2層は、以下、単独の参照符号225で表す。

## 【0150】

薄い層214は、この構造体に製造したいダイヤフラムの輪郭に対応するパターンを備えた、エッチングマスク240で被覆されている。より詳しくは、マスクは、浮遊ダイヤフラムの形状を決定するために構造体のエッチングゾーンを露呈する開口部を有する。

## 【0151】

マスク240は、たとえば、露光マスクを通して露光され、次いで現像されて成形される感光性樹脂のマスクである。

## 【0152】

マスク240の開口部を介した第一の異方性エッチングにより、薄い層214と、2個の応力調整層の全部または一部とを通して延びる溝242を形成できる。エッチングはまた、第二の主要層で停止される。エッチングを停止するには、多層構造体の形成に先立ち、第二の主要層にエッチング停止層（図示せず）を配置すれば、容易に行うことができる。

## 【0153】

溝は、浮遊ダイヤフラムを後で形成するための中央部分244を画定する。しかしながら、明記しなければならないのは、溝が、中央部分244を全面的に囲むわけではなく、中央部分を囲む構造体245に中央部分をつなぐ「ブリッジ（梁）」を保持することである。これらの「ブリッジ」は、図の断面の外にあるために示されていないが、場合によっては、たとえば電気およびまたは熱伝導を可能にする浮遊ダイヤフラムの保持ビームを、最終構造体で構成することができる。

## 【0154】

図18に示された次のステップは、2つの応力調整層の少なくとも一部を除去できる選択的な異方性エッチングを含み、薄い層の一部、この場合には、これ以降、浮遊ダイヤフラムを構成する中央部分244を遊離せしめる。

## 【0155】

簡略化のため、図は、異方性エッチングの際に、溝で2個の層225の側面に場合によっては行われるエッチングを考慮していない。

## 【0156】

図19は、第二の主要層210bすなわち支持基板を選択的にエッチング可能にする異方性エッチングによって、ダイヤフラムを遊離させるようにした実施形態の変形例を示す。

## 【0157】

ダイヤフラムはまた、第二の主要層と、2個の応力調整層との組み合わせエッチングにより遊離させることが可能である。

## 【0158】

さらに、エッチングに関して、マスク240を形成する樹脂層は、除去してもよい。

## 【0159】

図20は、エッチングに先立ち付加的な層を薄い層214に形成した、図18と同様の特定の実施形態を示している。

## 【0160】

付加的な層は、例では、シード層246およびまたはバッファ層と、たとえばYBaCuOタイプの超伝導体材料の層248とを含む。

## 【0161】

シード層246およびまたはバッファ層（図示せず）は、薄いシリコン層における超伝導体材料の成長を促すことができ、およびまたは、薄い層のシリコンと超伝導体との間の結晶格子が場合によって一致しないとき、これを修正することができる。これらの層は、図18または19に関する前述の方法でエッチングされ、浮遊ダイヤフラム244で図20の最終構造体を得られる。

## 【0162】

除去されたエッチングマスク240の場所が破線で示されている。

## 【0163】

記載された浮遊ダイヤフラム構造体の考えられる用途は、たとえばボロメータタイプの装置の製造である。

## 【引用資料】

(1) Bower 他「Appl. Phys. Lett. 62, 26」1993年

、3485ページ

(2) M. Tamura他「Jpa. J. Appl. Phys.」第11巻、第8号1972年8月、1097ページ

(3) H. Mikoshiba「J. Electrochem. Soc.」第123巻、第10号、1976年10月 1539ページ

(4) S. Sanchez他「J. Michromech. Microeng. 7」1997年) 111-113ページ

(5) Harendt他「Sensors and Actuators A、25-27」(1991年) 87-92ページ

(6) C. Gui、M. Elwenspoek、J. G. E. Gardeneires P. V. Lambeck「E. C. S.」第97-36巻、1997年 114ページ

(7) フランス特許FR-A-2681472

【図面の簡単な説明】

【図1】

接合前の第一および第二の主要層の概略断面図であり、一方の層が、内部応力を発生しうる材料からなる表面膜で被覆されている。

【図2】

図1の層を含む構造体の、接合後の図である。

【図3】

主要層の一方を薄型化した後の、図2の構造体の概略断面図である。

【図4】

主要層の一方を薄型化した後の、図2の構造体の概略断面図である。

【図5】

引っ張り応力を有する表面層をそれぞれ支持する一組の主要層を概略的に示す図である。

【図6】

引っ張り応力を有する表面層を支持する一つの主要層の概略図である。

【図7】

本発明の方法の特定の実施形態による多層構造体の製造ステップを示す、概略断面図である。

【図8】

本発明の方法の特定の実施形態による多層構造体の製造ステップを示す、概略断面図である。

【図9】

本発明の方法の特定の実施形態による多層構造体の製造ステップを示す、概略断面図である。

【図10】

熱処理パラメータに応じて、この方法により得られる構造体の撓み値を任意の目盛で示すグラフである。

【図11】

本発明による方法の別の実施形態の連続ステップを示す概略断面図である。

【図12】

本発明による方法の別の実施形態の連続ステップを示す概略断面図である。

【図13】

本発明による方法の別の実施形態の連続ステップを示す概略断面図である。

【図14】

本発明による方法の別の実施形態の連続ステップを示す概略断面図である。

【図15】

本発明による方法の別の実施形態の連続ステップを示す概略断面図である。

【図16】

本発明の特定の用途による、浮遊ダイヤフラム構造体の連続製造ステップを示す概略断面図である。

【図17】

本発明の特定の用途による、浮遊ダイヤフラム構造体の連続製造ステップを示す概略断面図である。

【図18】

本発明の特定の用途による、浮遊ダイヤフラム構造体の連続製造ステップを示す概略断面図である。

す概略断面図である。

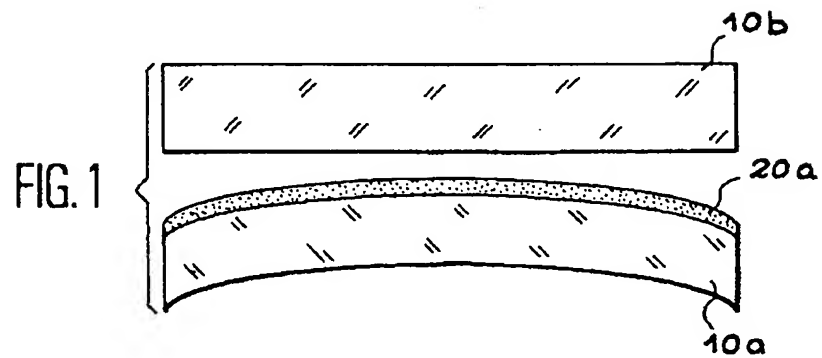
【図19】

図18の構造体の変形実施形態を構成する構造体の概略断面図である。

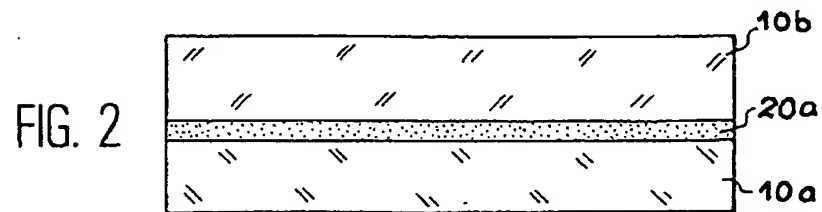
【図20】

図18の構造体の別の変形実施形態を構成する構造体の概略断面図である。

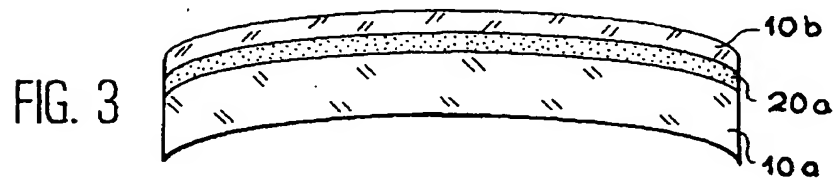
【図1】



【図2】



【図3】

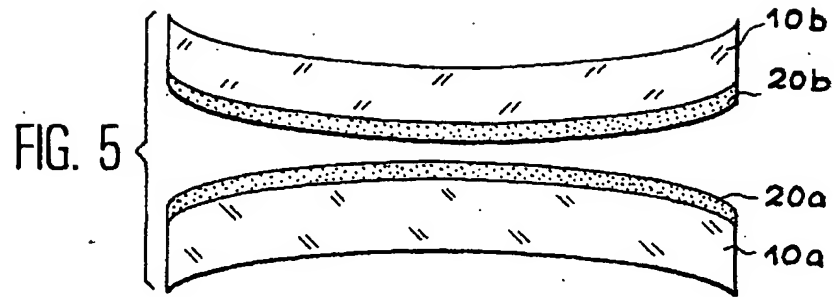


【図4】

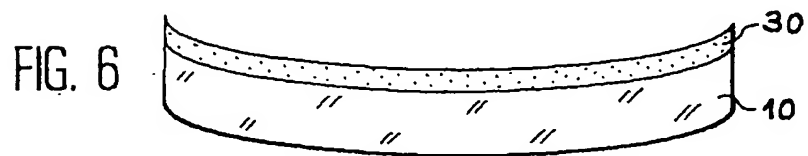




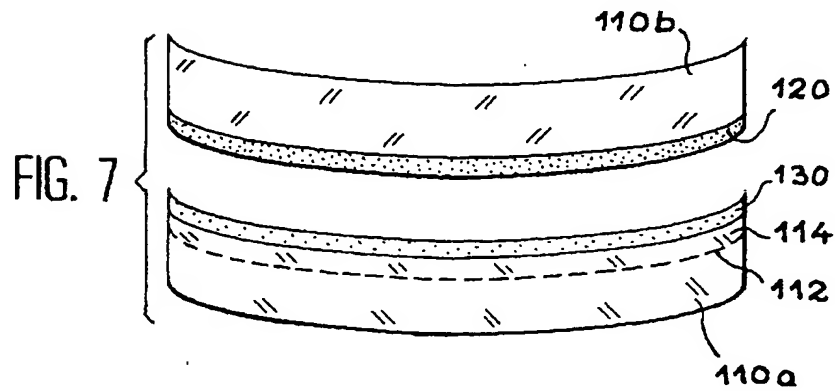
【図5】



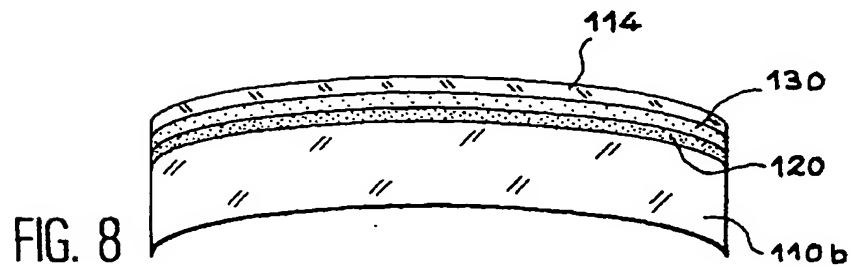
【図6】



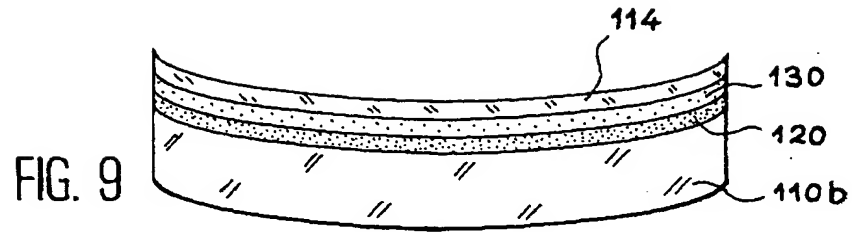
【図7】



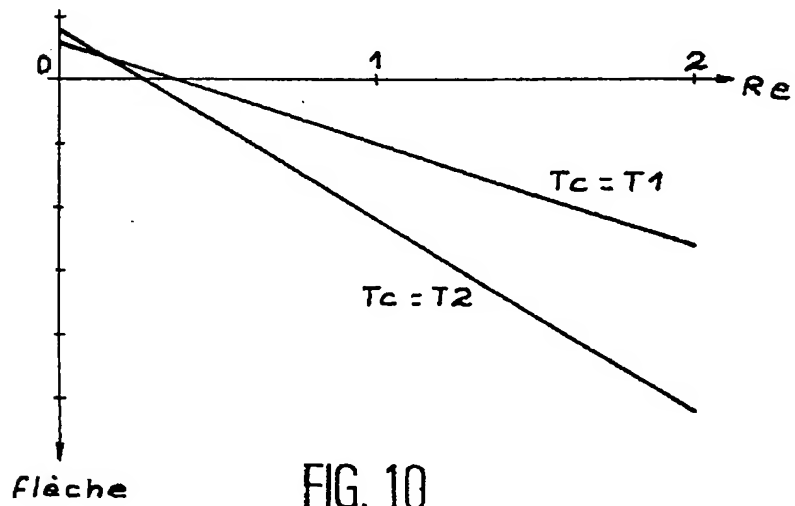
【図8】



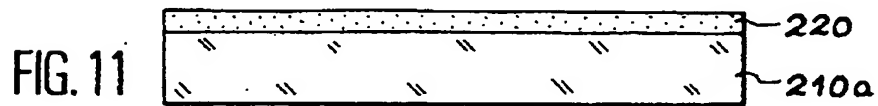
【図9】



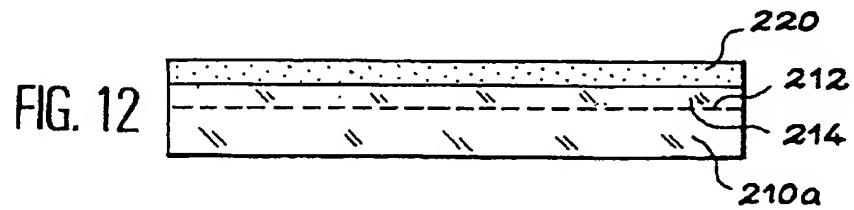
【図10】



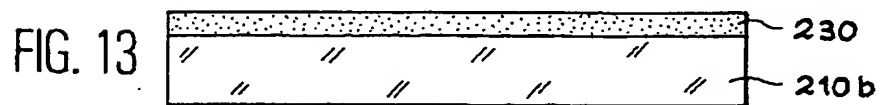
【図11】



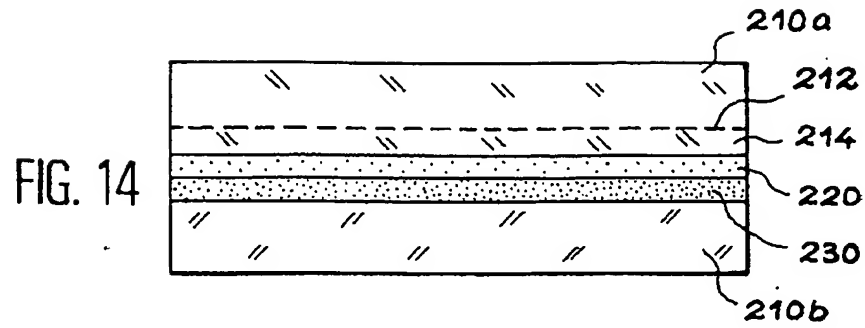
【図12】



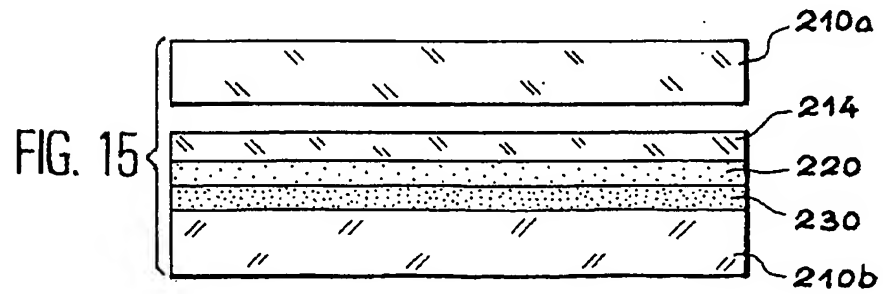
【図13】



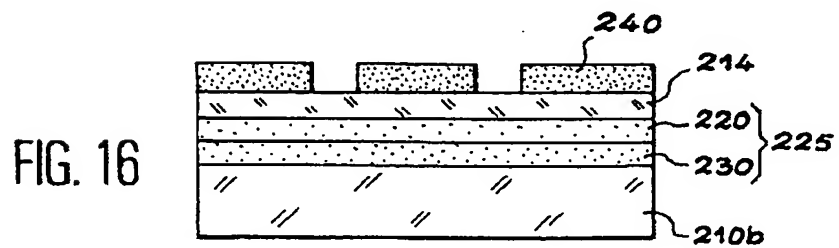
【図14】



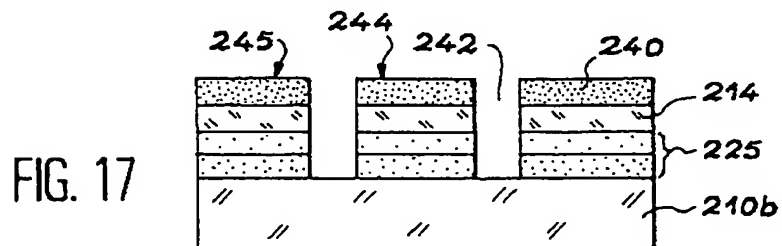
【図15】



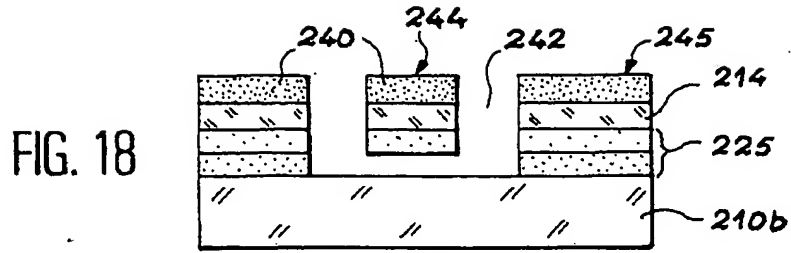
【図16】



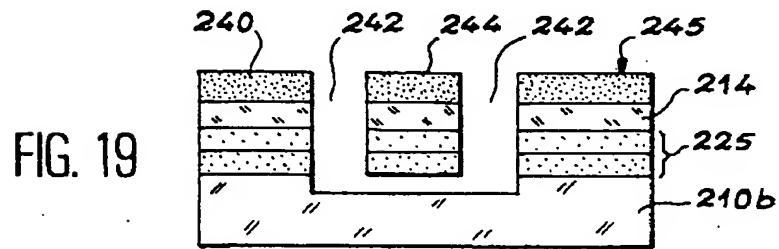
【図17】



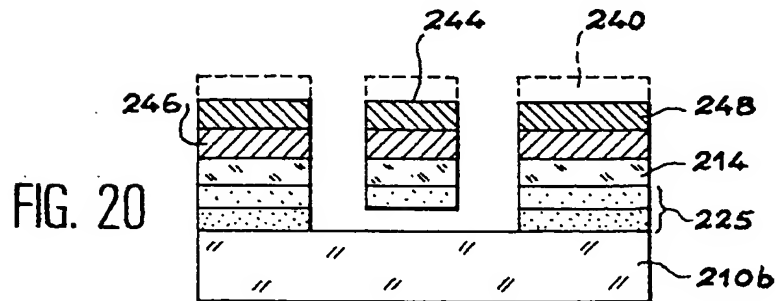
【図18】



【図19】



【図20】



【手続補正書】特許協力条約第34条補正の翻訳文提出書

【提出日】平成13年2月6日(2001. 2. 6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも2つの応力調整層(120、130、220、230)の積層により互いに結合され、所定の構造体応力を有し、少なくとも一つの第一および第二の主要層層(110a、110b、210a、210b)を含む、多層構造体の製造方法であって、

a) 前記第一の主要層に第一の応力調整層を設け、第二の主要層と第一の応力調整層とのいずれかに、少なくとも一つの第二の応力調整層を設け、

b) 前記応力調整層を介して第一および第二の主要層の接合を行い、第一および第二の応力調整層が、方法終了時この構造体で前記所定の構造体応力を得られるような材料および厚みをもつようにし、

c) 前記ステップb)の後、前記所定の構造体応力をこの構造体で調整するのに十分な温度および時間で熱処理を実施するようにしたことを特徴とする方法。

【請求項2】 前記第一および第二の主要層の接合ステップが、貼りあわせ接合を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】 第一および第二の応力調整層は、第一および第二の主要層による応力の符号がそれぞれ反対になるような厚みで複数の材料から構成されるようにしたことを特徴とする請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】 少なくとも一つの応力調整層の上に少なくとも一つの間層が配置されるようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項5】 前記接合が、層どうしの貼りあわせ接合(分子間接合)を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の方法。

【請求項6】 前記ステップb)に先立ち、ウェーハ接合により結合される層を

用意し、これらの層の表面状態を調整するようにしたことを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項7】 前記ステップb)に際し、ウェーハ接合を室温で実施するようにしたことを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項8】 前記接合が、蟻付け、溶接、層間相互拡散、接着剤による接合の中から選択された、少なくとも一つの貼りあわせ技術を使用する接合を含むようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項9】 前記接合が、接合層を介して行われるようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項10】 前記ステップa)の時に、第一の主要層(110a、210a)に第一の応力調整層(130、220)を形成し、第二の主要層(110b、210b)に第二の応力調整層(120、230)を形成し、前記ステップb)の時に、応力調整層間のウェーハ接合(分子間接合)を行うようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項11】 前記第一および第二の応力調整層は、第一の主要層に形成され、前記接合が、第二の主要層と、表面の第一および第二の応力調整層のいずれかとの間で行われるようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項12】 接合後、少なくとも一つの主要層で薄型化するステップをさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項13】 前記薄型化するステップが、破砕ゾーンに従って破砕するための分離ステップを含むことを特徴とする請求項1または12に記載の方法。

【請求項14】 破砕ゾーン(112、212)を形成するための第一または第二の主要層の少なくとも一つ、もしくは第一または第二の応力調整層の少なくとも一つへの、少なくとも一つのガス種注入と、熱およびまたは機械処理を含む薄型化ステップとを含むことを特徴とする請求項13に記載の方法。

【請求項15】 前記薄型化ステップ前に得られる構造体応力は、この応力が破砕ゾーン位置の分離に寄与するように構成されることを特徴とする請求項13または14に記載の方法。

【請求項16】 少なくとも一つの応力調整層が、スパッタ、エピタキシ、化学

蒸着、たとえば化学気相成長法(CVD)、減圧気相成長法(LPCVD)、プラズマCVDといった方法の中から選択された方法による材料蒸着によって形成されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項17】 少なくとも一つの応力調整層が、主要層の表面酸化によって得られるようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項18】 少なくとも一つの応力調整層が、主要層への種注入によって得られるようにしたことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項19】 主要層が、シリコン、ゲルマニウム、炭化シリコン、III-Vタイプの半導体、II-VIタイプの半導体、ガラス、超伝導体、ダイヤモンド、セラミック材料(LiNbO<sub>3</sub>、LiTaO<sub>3</sub>)、および石英の中から選択される少なくとも一つの材料からなり、応力調整層が、SiO<sub>2</sub>、SiN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、TiN、金属、金属合金、およびダイヤモンドまたは一つの主要層の材料の中から選択した少なくとも一つの材料からなることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項20】 少なくとも一つの第一の主要層(110a、210a)と、第一の主要層と接触する少なくとも一つの第一の応力調整層(130、220)と、前記第一の応力調整層と接触する少なくとも一つの第二の応力調整層(120、230)と、第二の応力調整層と接触する第二の主要層(110b、210b)との積層を順に含み、第一および第二の応力調整層は、符号がそれぞれ反対である第一および第二の主要層との接触応力を有するように、内部応力を制御したことを特徴とする多層構造体。

【請求項21】 前記多層構造体が、さらに、応力調整層の間、または応力調整層と、対応する主要層との間に配置される接合層を含むことを特徴とする請求項20に記載の構造体。

【請求項22】 さらに浮遊状態にあるダイヤフラムを有し、浮遊ダイヤフラム(244)が、第二の主要層または第一の主要層から解放された、第一および第二の主要層のいずれかの少なくとも一部を含むことを特徴とする請求項20に記載の構造体。

【請求項23】 浮遊ダイヤフラム(244)が、さらに、第一および第二の主

要層のいずれかの前記一部を被覆する少なくとも一つの超伝導体材料層（248）を含むことを特徴とする請求項22に記載の構造体。



【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Appl. No. PCT/FR 00/00308	
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01L21/20 H01L21/18 H01L21/762 B81B3/00	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC	
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01L B81B	
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched	
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages
	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 18, no. 213 (E-1538), 15 April 1994 (1994-04-15) & JP 06 013593 A (SUGIYAMA ET AL), 21 January 1994 (1994-01-21) abstract
X	EP 0 410 679 A (NAKAZATO ET AL) 30 January 1991 (1991-01-30) abstract
X	US 5 261 999 A (PINKER ET AL) 16 November 1993 (1993-11-16) column 1, line 52 - line 61
	-/-
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.	
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 May 2000	24/05/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlehn 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Telex 21 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3018	Authorized officer Gori, P

Form PCT/ISA210 (second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Int'l. Application No.  
 PCT/FR 00/00308

## C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 373 184 A (MOSLEHI) 13 December 1994 (1994-12-13) abstract	1
A	US 5 362 667 A (LINN ET AL) 8 November 1994 (1994-11-08) figures 5-8	1-6, 10, 13, 17, 20-22
A	US 5 728 623 A (MORI) 17 March 1998 (1998-03-17) abstract	1
A	US 5 753 134 A (BIEBL) 19 May 1988 (1988-05-19) abstract	21, 23, 24

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/FR 00/00308

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 06013593 A	21-01-1994	NONE	
EP 410679 A	30-01-1991	JP 1862773 C	08-08-1994
		JP 3055822 A	11-03-1991
		JP 5080133 B	08-11-1993
		DE 69023289 D	07-12-1995
		DE 69023289 T	04-07-1996
		US 5071785 A	10-12-1991
US 5261999 A	16-11-1993	NONE	
US 5373184 A	13-12-1994	US 5102821 A	07-04-1992
		EP 0488344 A	03-06-1992
		JP 6097400 A	08-04-1994
US 5362667 A	08-11-1994	US 5517047 A	14-05-1996
		US 5849627 A	15-12-1998
		US 5728624 A	17-03-1998
US 5728623 A	17-03-1998	JP 2669368 B	27-10-1997
		JP 7307259 A	21-11-1995
		US 6030884 A	29-02-2000
US 5753134 A	19-05-1998	DE 59409157 D	30-03-2000
		EP 0663692 A	19-07-1995
		JP 7211709 A	11-08-1995

## フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
F 1 6 J 3/02		F 1 6 J 3/02	B
H 0 1 L 27/12		H 0 1 L 27/12	D
(72)発明者 カルチェ, アンヌーマリー			B
フランス国 エフ-38450 ヴィフ,			
ル・ジェネヴレ, ルート・デ・ギラルデ			
イエ 9			
(72)発明者 アスパー, ベルナール			
フランス国 エフ-38140 リヴェ,			
ロ・ル・ハミュ・デ・アイ 110			
F ターム (参考) 3J045 AA20 BA03 CA07 DA05			
4K029 AA04 AA24 BA01 BA34 BA46			
BA58 BA60 BB02 BC00 BD00			
CA05			
4K030 BA01 BA18 BA28 BA38 BA40			
BA44 BB12 CA04 CA05 CA12			
FA01			